Beiträge

zu

den durch Magnetismus hervorgerufenen Torsionserscheinungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

Hohen philosophischen Facultät

der

Universität Rostock

1894.

vorgelegt von

Daniel Groesser

aus Frankfurt am Main.

Beiträge

zu

den durch Magnetismus hervorgerufenen Torsionserscheinungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

Hohen philosophischen Facultät

der

Universität Rostock

vorgelegt von

Daniel Groesser

aus Frankfurt am Main.

Referent: Herr Professor Dr. **Matthiessen.**

Schon im Jahre 1600 machte Gilbert[1]) die Entdeckung, dass durch Erschütterungen der Magnetismus bei Eisenstäben, welche er horizontal in die Richtung des magnetischen Meridians legte, einer Veränderung unterworfen war, welche in einem Wachstum des temporären Magnetismus bestand.

Bei Stahlstäben zeigte sich ein analoger Vorgang.

Man suchte sich damals die Erscheinung zu erklären, indem man annahm, dass die Erschütterungen dazu beitragen, die Trennung der beiden magnetischen Fluida zu unterstützen.

Späterhin glaubte man in dem von Coulomb eingeführten Begriff der Coërcitivkraft den Schlüssel zu diesem merkwürdigen Verhalten von Eisen und Stahl gefunden zu haben.

Man zog den Schluss, dass die Erschütterungen dem weichen Eisen eine genügende Coërcitivkraft geben, um die Trennung der beiden Fluida herbeizuführen, welche ohne diese Kraft sich beständig neutralisieren.

Man hielt an dieser Definition fest, bis die Experimente von Scoresby[2]) auch diese als hinfällig erwiesen.

Es ergab sich, dass dieselben mechanischen Einwirkungen, welche dem Eisen, in die Richtung des magnetischen Meridians gelegt, Magnetismus erteilen, denselben vernichten, sobald das Eisen sich senkrecht zum Meridian befindet.

---

[1]) Gilbert. De magnete, 1600.

[2]) Phil. Trans. 1822, 2, p. 241.

Man konnte sich nun längere Zeit keine klare Vorstellung von diesen Erscheinungen machen, bis die von W. Weber aufgestellte Theorie drehbarer Molecularmagnete sich Bahn gebrochen hatte, mit deren Hülfe sich die experimentell gefundenen Resultate leicht theoretisch erläutern liessen.

So veranschaulicht G. Wiedemann[1]) die bei Erschütterungen entweder unter dem Einfluss der magnetisierenden Kräfte oder nach Aufhebung derselben auftretenden Erscheinungen in überaus klarer Weise.

Ich lasse den Verfasser selbst sprechen:

„Nehmen wir an, dass die magnetischen Körper aus Molecularmagneten bestehen, welche durch die magnetisierenden Kräfte gerichtet werden, nach Aufhebung derselben aber wieder in ihre frühere Lage zurückzukehren streben, wobei sie indessen jedesmal durch eine Aenderung der Molecularkräfte, etwa wie durch Reibung an einander, gehindert werden, völlig den auf sie wirkenden Kräften zu folgen, so werden durch die Erschütterungen die Teilchen in Bewegung gesetzt; die Reibung der Ruhe zwischen ihnen wird gewissermaassen in eine Reibung der Bewegung verwandelt.

Daher können in allen Fällen die Teilchen den gerade auf sie wirkenden Kräften mehr folgen.

Wirken während der Erschütterung die magnetisierenden Kräfte, so nimmt der temporäre Magnetismus zu; wirken nur die die Molecüle in die stabilere Gleichgewichtslage zurückführenden Molecularkräfte, so vermindert sich der permanente Magnetismus.“

Seit der Entdeckung der Induction war man nun in Stand gesetzt, abwechselnd mechanische und magnetisierende Kräfte, was vorher bei Anwendung der erdmagnetischen Kraft allein nicht möglich war, auf einander einwirken zu lassen.

---

[1]) Wiedemann, Electricität 3, p. 668.

Fast gleichzeitig waren mehrere Physiker, Matteucci,[1]) Wertheim,[2]) Wiedemann[3]) bestrebt, die Beziehungen zwischen dem mechanischen Verhalten der Körper und dem Magnetismus zu erforschen, indem sie nicht allein regelmässige und unregelmässige Erschütterungen, sondern alle denkbar möglichen mechanischen Kräfte, wie Biegungen, Verlängerungen und hauptsächlich Torsionen einwirken liessen.

Die umfangreichen Untersuchungen haben ergeben, dass zwischen dem magnetischen und mechanischen Verhalten der Körper innige, gewissermaassen verwandtschaftliche Beziehungen obwalten.

Unterwirft man nämlich einen Körper der Magnetisierung, so lässt sich eine Gestaltveränderung nachweisen; umgekehrt beobachtet man, dass mechanische Einwirkungen, mögen dieselben eine Veränderung der Gestalt oder der inneren molecularen Structur der Körper erzielen, gleichzeitig auf den Magnetismus verändernd einwirken.

Obengenannte Physiker haben sich mit Ausnahme Wiedemanns hauptsächlich mit den Aenderungen des Magnetismus durch die Torsion beschäftigt. Matteucci und Wertheim stellten die Versuche ziemlich auf gleiche Weise an.

Sie spannten einen Eisen- oder Stahlstab senkrecht gegen den magnetischen Meridian ein, und umgaben denselben mit einer Magnetisierungsspirale.

---

[1]) Ann. de chim. et de phys. 53, p. 385, 1858.
Compt. rend. . . . . 24, p. 301, 1847.
[2]) Ann. de chim. et de phys. 50, p. 385, 1857.
Compt. rend. . . . . 35, p. 702, 1852.
Pogg. Ann. . . . . 96, p. 171, 1855.
[3]) Pogg. Ann. . . . . 100, p. 241, 1857.
„ „ . . . . . 103, p. 563, 1858.
„ „ . . . . . 106, p. 199, 1859.
„ „ . . . . . 129, p. 129, 1867.

Beide Enden des Drahtes waren in Klemmen befestigt, von denen die eine fest, die andere zur Ausübung der Torsion drehbar war.

Eine zweite um den Draht gewundene Spule diente als Inductionsspirale, welche mit einem Galvanometer in Verbindung stand. Wurde der Stab entweder in der einen oder anderen Richtung gedrillt, so entstanden durch die Veränderung des magnetischen Moments Inductionsströme.

Die Ausschläge im Galvanometer gaben die Grösse, ob Zu- oder Abnahme des Moments an.

Wiedemann benutzte dagegen an Stelle der Inductionsspirale einen magnetischen Stahlspiegel, den er in einer Entfernung von einem halben Meter vor der festen Klemme anbrachte. Die bei den Torsionen oder Detorsionen auftretenden Ablenkungen wurden vermittelst Fernrohrs und Scala gemessen und ergaben das magnetische Moment der Stäbe bei verschiedenen Graden der Drehung.

Die bei diesen Untersuchungen erhaltenen Resultate will ich hier, indem ich mich auf das Wesentlichste beschränke, wiedergeben.

Matteucci und Wertheim fanden, dass der temporäre Magnetismus bei Eisen- und Stahlstäben zuerst zunimmt, wenn man dieselben bei gleichzeitiger Magnetisierung hin- und herdrillt. Wurden diese mechanischen Einwirkungen fortgesetzt, so traten Inductionsströme von abwechselnder Richtung auf, die, wie Wertheim gezeigt hat, auf gleich starke Verminderungen des Magnetismus bei gleichen Torsionen nach beiden Seiten schliessen lassen.

Anders gestalten sich die Vorgänge bei permanent magnetisierten Stäben. Wiedemann hat diese Verhältnisse besonders studiert und in übersichtlicher Weise in seinem Werk über Electricität zusammengestellt.

Es würde mich zu weit führen, seine Ergebnisse hier ausführlich anzuführen, und verweise ich deshalb auf oben angeführtes Schriftstück.

Kurz gefasst sind die Erscheinungen folgende:

„Werden permanent magnetisierte Stäbe tordiert, so erleiden sie eine Abnahme ihres Magnetismus.

Nach Aufheben der Torsion und entgegengesetzter Drillung beobachtet man gleichfalls eine Verminderung des Magnetismus.

Ist durch wiederholtes Hin- und Herdrillen der permanente Magnetismus constant geworden, wenn sich der Stab in der Gleichgewichtslage befindet, so zeigt jede Torsion nach der einen Seite eine Zunahme, jede Torsion nach der entgegengesetzten Seite eine Abnahme des Magnetismus.“

Wertheim hat sich nun speciell mit den Erscheinungen, welche bei permanent tordierten Stäben auftreten, befasst.

Er fand, dass bei permanent tordierten Eisenstäben durch temporäre Magnetisierung und Detorsion der Magnetismus wächst, bis sie völlig entdrillt sind. Wird dagegen die permanente Torsion erst bei schon eingetretener Magnetisierung ausgeführt und dann detordiert, so findet eine Verschiebung des Maximums, oder wie Wertheim sich ausdrückt, Rotation des magnetischen Maximums aus der Gleichgewichtslage statt.

Späterhin wurden von Thomson,[1]) Nagaoka[2]) die Veränderungen des Magnetismus durch combinierte mechanische Einwirkungen untersucht.

Aus Vorhergehendem ist ersichtlich, wie vielerlei Variationen der Magnetismus durch Torsionen, mögen dieselben temporär oder permanent sein, erleiden kann.

---

[1]) Philosophical Transactions 1879, p. 72.

[2]) Journal of the college of Science, Tokyo 1889, p. 283.

Auf gleiche Weise werden durch Magnetismus bei geeigneter Versuchsanordnung Torsionen hervorgerufen.

Die diesbezüglichen Versuche sind von G. Wiedemann[1]) und Gore[2]) angestellt worden.

Da ich mich speciell mit letzteren Erscheinungen beschäftigt habe, und vorliegende Abhandlung den Zweck hat, die von mir auf eine von den seitherigen Untersuchungen abweichende Art erhaltenen Resultate zu veröffentlichen, so bin ich genötigt, auf die Apparate, welche früher verwandt wurden, etwas näher einzugehen.

Wiedemann befestigte eine Kupferdrahtspirale von 130 Windungen und 13,5 mm Weite, 560 mm Länge vertical aufrecht und hängte in ihrer Axe an einer Messingklemme die zu untersuchenden Drähte 580 mm lang auf. Am unteren Ende wurden die Drähte in eine zweite Messingklemme eingeschraubt, welche mit einem 10 mm dicken cylindrischen Stück fest verbunden war.

Auf erwähntes Messingstück konnte eine Messingröhre aufgeschoben und durch einen hindurchgesteckten Drahtstift festgehalten werden. Am unteren Ende der Messingröhre befand sich ein cylindrisches Messinggefäss, welches mit Bleigewichten gefüllt wurde.

Ein auf dem Deckel des Gefässes concentrisch geteilter Kreis nebst Zeiger liess die Drehung des Gefässes aus der Gleichgewichtslage beobachten. Ferner war ein Spiegel an einer messingenen Hülse befestigt, welche auf die das Gefäss tragende Röhre aufgeschoben werden konnte.

Die Drehungen wurden vermittelst Fernrohrs und Scala beobachtet. Die Magnetisierung wurde durch eine galvanische Säule von 1 bis 6 Daniell'schen oder

---

[1]) Pogg. Ann. 103, p. 571, 1858.
„ „ 106, p. 161, 1859.
Wiedemann Electricität.

[2]) Proc. Roy. Soc. 22, p. 57, 1874.

Grove'schen Elementen bewirkt. Eine Tangentenbussole diente zur Messung der Stromstärke.

Ausserdem benutzte Wiedemann (l. c.) einen zweiten Apparat, um den Einfluss zu untersuchen, den die Magnetisierung auf Eisendrähte ausübt, die zuerst eine permanente Torsion erhalten haben, denen sodann durch eine entgegengesetzte Drillung ein Teil ihrer Torsion wieder genommen worden ist.

Der Draht war ebenfalls vertical aufrecht an einer Klemme aufgehängt und mit einer Kupferdrahtspirale umgeben.

An der unteren Klemme, die mit einem Spiegel versehen war, war horizontal eine Scheibe angebracht, die sich durch eine um ihre Peripherie geschlungene Schnur auf geeignete Weise drehen und durch Gewichte festhalten liess. Die Scheibe trug unterhalb das den Draht spannende Gewicht. Gore (l. c.) hat ganz ähnliche Versuche angestellt, und brauche ich daher auf die Anordnung derselben nicht näher einzugehen.

Mit diesen Apparaten sind die Erscheinungen festgestellt worden, wenn man: 1) Den Draht ungedrillt magnetisiert, 2) den Draht vorher permanent tordiert und dann die magnetisierende Kraft einseitig einwirken lässt, 3) den Draht vorher permanent tordiert und dann entgegengesetzte magnetisierende Kräfte in Wirkung treten lässt, 4) den Draht permanent tordiert, durch entgegengesetzte Drillung die permanente Torsion vermindert und dann magnetisiert, 5) den Draht magnetisiert, während das tordierende Gewicht auf denselben einwirkt, 6) den Draht magnetisiert und durch ihn selbst einen galvanischen Strom leitet.

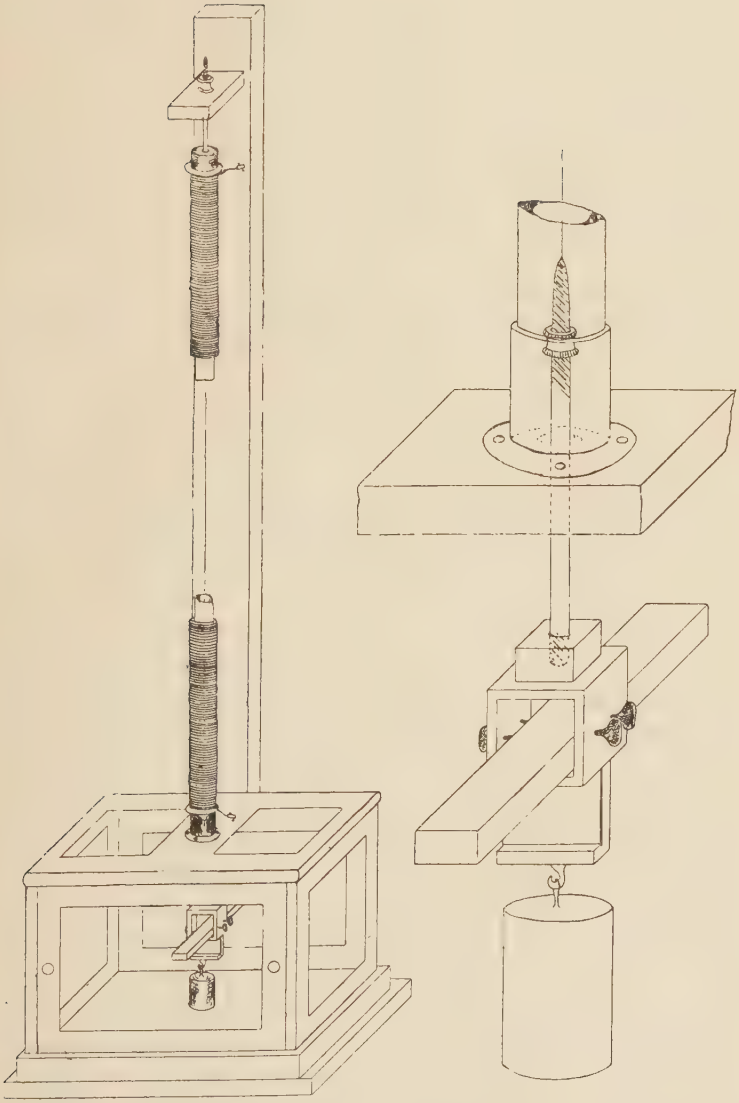
Ich habe nun versucht, die Vorgänge zu ermitteln, die sich abspielen, wenn man entweder einseitige oder wechselnde, verschiedene Magnetisierungen auf Eisen- oder Stahldrähte wirken lässt, die gleichzeitig gleich-

mässigen und gleichdauernden entgegengesetzten Torsionen ausgesetzt sind.

Auf einem hölzernen Kasten, der auf dem Deckel und Seitenwänden mit Glasscheiben versehen war, wurde eine Glasröhre von 152 cm Länge und 21 mm Weite in einer Messinghülse vertical aufgestellt. Um die Glasröhre war eine Magnetisierungsspirale von 147 cm Länge gewunden, welche aus 4 Spulen von 0,5 mm Kupferdraht bestand, die übereinander gewickelt und sorgfältig von einander isoliert waren. Die Anzahl der Windungen betrug 8260. Zur Befestigung der Drähte dienten oben, sowie unten Messingstangen, welche an den entsprechenden Enden aufgeschlitzt und mit Schraubenmuttern versehen waren. Die Drähte wurden in diese Schlitze eingeführt und festgeschraubt. Die obere Messingstange wurde nun zuerst durch einen auf die Glasröhre aufgesetzten und in der Mitte durchlöcherten Deckel und hierauf durch ein gleichfalls durchbohrtes hölzernes Querstück gesteckt und hier mittelst Schraube festgehalten.

Das Querstück stand mit einem hölzernen Balken in Verbindung, der an seinem anderen Ende in eine horizontale Platte endigte, die den Kasten aufnahm. Die durch die Oeffnung im Kasten gesteckte Messingstange trug an ihrem unteren Ende einen messingnen Rahmen, an dessen Seitenwänden je 2 Schrauben angebracht waren. Unterhalb des Rahmens war, wie aus der Figur hervorgeht, eine mit einer Rille und Haken versehene Messingplatte befestigt.

In die Rille wurde ein Spiegel gesteckt und am Haken das den Draht spannende Gewicht aufgehängt. Das die Drähte spannende Gewicht war bei allen Versuchen constant und betrug nebst Messingstange und Rahmen und eines in denselben eingelegten Magnets



von 202,5 mm Länge, 18,9 mm Breite und 9,5 mm Dicke 3920 gr.

Zum Schlusse bemerke ich noch, dass der Apparat, um möglichst alle Erschütterungen zu vermeiden, auf einem Wandtische Aufstellung fand und der hölzerne Verticalbalken in der Wand festgeschraubt war.

Zum Magnetisieren verwendete ich, in Ermangelung von Accumulatoren, Maschinenstrom der hiesigen Centrale, der stets für die kurze Dauer der jedesmaligen Magnetisierungen als constant beobachtet wurde.

Ein in den Stromkreis eingeschalteter Quecksilbercommutator gestattete mir die sofortige Unterbrechung und Umkehrung des Stromes. Zur Variation der Stromstärke diente ein Stöpselrheostat.

Die Stromintensitäten wurden vermittelst eines Ampèremeters von Edelmann gemessen, und zwar bis ein $^1/_{1000}$ Amp. genau. Ein in der Entfernung von ca. 230 cm vom Spiegel aufgestelltes Fernrohr mit Scala diente zur Beobachtung der Ablenkungen.

Meine Untersuchungen stellte ich mit Eisen- und Stahldrähten (Klaviersaiten) von 0,4 bis 0,6 mm Durchmesser an. Dünnere Drähte vermochten das spannende Gewicht nicht zu tragen, dickere Drähte erschwerten durch ihre geringe Schwingungsdauer so sehr die Beobachtung, dass ich auch hiervon Abstand nehmen musste. Die Drähte waren teils ausgeglüht, teils unausgeglüht. Sämtliche Drähte wurden ca. 4 Wochen, bevor sie zur Untersuchung gelangten, aufgehängt, und mit demselben Gewicht, das später im Apparat zur Spannung diente, belastet. Trotzdem machte sich bei mehreren Drähten, besonders bei harten Stahldrähten, nachdem dieselben auf oben angeführte Weise im Apparat aufgehängt waren, die Erscheinung der elastischen Nachwirkung in unliebsamer Weise bemerkbar.

Sobald der Draht aufgehängt war, wurde das Fadenkreuz des Fernrohrs auf den Nullpunkt der Scala eingestellt und dann einen Tag gewartet, um zu beobachten, ob eine Verschiebung des Nullpunkts eintrat.

Wie schon erwähnt, war dies mehrfach der Fall. Die Folge hiervon war, dass die Versuche sehr in die Länge gedehnt wurden, da eher keine Rede von einer Untersuchung sein konnte, als bis diese Verschiebungen der Scala resp. die Torsionen des Drahtes null geworden waren.

So hatte sich, um hier den extremsten Fall anzuführen, bei einem harten Stahldraht von 0,6 mm Dicke die Nulllage innerhalb 10 Tagen um ca. 40 Teilstriche (mm) verschoben.

Waren diese Verschiebungen null geworden, so konnte ich mit der weiteren Einstellung des Apparats beginnen.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, erstrecken sich meine Untersuchungen auf die durch Magnetisierung hervorgerufenen Torsionserscheinungen, welche auftreten, wenn man abwechselnd gleichmässige und gleichdauernde entgegengesetzte Torsionen auf Drähte wirken lässt. Um diese hervorzurufen, legte ich einen Magnetstab in den an der unteren Messingstange befestigten messingnen Rahmen und versetzte denselben durch Drehen eines Magnetstabs von meinem Beobachtungsplatze aus in Schwingungen um seine Gleichgewichtslage.

Selbstverständlich musste vorher der Magnetstab so eingestellt werden, dass der Draht bei der Ruhelage frei von jeglicher Torsion blieb.

Der Draht wurde zu diesem Zweck in Torsionsschwingungen versetzt, und die Deviationen nach beiden Seiten mit dem Fernrohr beobachtet. Dieselben waren natürlich gleich gross, wenn das Fernrohr genau auf null eingestellt war. Hierauf wurde der Magnetstab

in den Rahmen gelegt und wieder die Deviationen beobachtet. Waren dieselben von den ersteren verschieden, d. h. hatte durch das Einlegen des Magnetstabs eine Verschiebung der Nulllage stattgefunden, so wurde der Magnetstab vermittelst der 4 an dem Rahmen angebrachten Schrauben gedreht. Dies wurde solange fortgesetzt, bis die Nulllage dieselbe war. Ich konnte auf diese Weise bis auf $^1/_{10}$ mm der Fernrohrscala genau einstellen.

Die Beobachtungen wurden nun in folgender Weise ausgeführt: Nachdem der Magnet in Schwingungen versetzt war, wurde nochmals controliert, ob die Ruhelage des Magnets mit der Nullstellung der Scala übereinstimmte. War dies der Fall, so wurde der Strom geschlossen und je 4 Ausschläge nach beiden Seiten beobachtet. Nach darauffolgender Oeffnung wurden ebenfalls je 4 Ausschläge notirt, und darauf bei einseitiger Magnetisierung ein etwas stärkerer gleichgerichteter Strom durch die Spirale geschickt, wieder wie angegeben beobachtet, wieder geöffnet u. s. w. Das Schliessen des Stromes erfolgte stets, wenn die Scala im Spiegel die Nulllage zeigte.

Aus diesen Beobachtungen wurde die jedesmalige Ruhelage berechnet und aus den 4 Resultaten das Mittel genommen. Die Abweichungen von der Nullstellung der Scala gaben mir dann die Grösse der Torsionen an.

Dieselben habe ich, da beim Einstellen des Fernrohrs sich leicht die Entfernung vom Spiegel etwas veränderte, nach der Formel: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{n}{2A}$ auf die entsprechenden Winkel umgerechnet.

In folgender Tabelle I gebe ich die von mir bei ausgeglühten, einseitig magnetisierten Eisendrähten erhaltenen Resultate wieder.

In derselben giebt I die Intensität des Stromes in $^1/_{1000}$ Amp. an, + resp. — bezeichnen die Richtung

Tabelle I.

Ausgeglühte Eisendrähte.

0,52 mm dick			0,60 mm dick			0,52 mm dick			0,60 mm dick		
J	+	O	J	+	O	J	—	O	J	—	O
24	— 0'28"	— 0'33"	20	+ 0'00"	— 0'05"	22	— 0'23"	— 0'08"	19	+ 0'00"	+ 0'12"
28	— 0'46"	— 0'50"	24	+ 0'00"	— 0'12"	28	— 0'25"	— 0'10"	26	+ 0'17"	+ 0'43"
38	— 1'23"	— 1'33"	33	+ 0'02"	— 0'12"	38	— 0'35"	— 0'20"	38	+ 1'22"	+ 1'51"
49	— 2'39"	— 2'44"	44	+ 0'19"	— 0'00"	50	— 1'15"	— 0'46"	65	+ 3'46"	+ 4'18"
71	— 5'11"	— 5'10"	72	+ 2'41"	+ 2'06"	74	— 3'09"	— 1'28"	76	+ 9'50"	+ 9'14"
85	— 6'24"	— 6'14"	87	+ 4'12"	+ 3'12"	110	— 3'31"	— 1'53"	200	+ 15'23"	+ 15'17"
105	— 7'32"	— 7'18"	135	+ 6'11"	+ 5'00"	150	— 3'52"	— 1'33"	210	+ 15'16"	+ 15'20"
170	— 8'42"	— 8'26"	160	+ 7'08"	+ 5'41"	240	— 4'42"	— 1'32"	240	+ 15'06"	+ 15'26"
205	— 9'22"	— 9'09"	210	+ 8'29"	+ 6'38"	310	— 5'46"	— 1'15"	300	+ 14'57"	+ 15'36"
265	— 9'58"	— 9'46"	240	+ 9'04"	+ 7'07"	370	— 6'13"	— 1'19"	400	+ 14'28"	+ 15'36"
320	— 10'27"	— 10'07"	280	+ 9'44"	+ 7'23"	510	— 8'00"	— 1'29"	450	+ 13'45"	+ 15'06"
390	— 10'51"	— 10'40"	350	+ 10'50"	+ 7'37"	570	— 8'48"	— 1'43"	620	+ 11'53"	+ 15'03"
520	— 11'22"	— 11'51"	425	+ 11'27"	+ 7'21"	680	— 10'21"	— 1'51"	700	+ 11'17"	+ 15'01"
540	— 12'02"	— 12'01"	570	+ 12'23"	+ 7'42"	800	— 11'41"	— 1'43"	790	+ 10'35"	+ 14'59"
620	— 12'05"	— 12'15"	660	+ 13'15"	+ 7'54"	960	— 13'34"	— 1'52"	920	+ 9'29"	+ 14'57"
720	— 12'10"	— 12'15"	750	+ 14'01"	+ 8'11"	1100	— 14'53"	— 1'52"	1150	+ 8'08"	+ 14'55"
880	— 11'42"	— 12'33"	860	+ 15'10"	+ 8'20"						
960	— 11'22"	— 12'58"	1050	+ 16'38"	+ 8'25"						
1200	— 10'23"	— 12'54"									

des durch die Spirale geleiteten Stromes, + sobald der Strom (die Spirale von unten gesehen) den Draht in der entgegengesetzten Richtung der Bewegung des Uhrzeigers, — in der Richtung der Bewegung des Uhrzeigers umkreiste.

Die Vorzeichen + oder — vor den angeführten Winkeln resp. Torsionen geben die Art der Drehung an.

Mit + habe ich die Ablenkungen nach links, mit — dieselben nach rechts bezeichnet. D. h. bei ersteren tordiert sich das untere Ende des Drahtes (von oben gesehen) in der Richtung der Bewegung des Uhrzeigers, bei letzteren umgekehrt.

Da man sich aus den vielen Zahlen sehr schlecht ein Bild von dem Vorgange machen kann, so habe ich die Resultate graphisch aufgezeichnet, und zwar die Stromstärken als Abscissen, die entsprechenden Torsionen als Ordinaten.

Die Curven α geben die Torsionen bei Einwirkung des Stromes, die Curven β die permanenten Torsionen an.

Die Differenz der beiden giebt direkt die temporäre Torsion oder Detorsion. Aus Tafel I ist ersichtlich, dass die Drähte sich temporär und permanent tordieren.

Betrachten wir die Curven von 1, so sieht man, dass bei schwacher Magnetisierung der Draht sich mit zunehmender Intensität stark permanent tordiert, während er bis dahin keine temporäre Torsion aufweist. Bei stärkerer Magnetisierung nimmt die permanente Torsion nur noch allmählich zu und erreicht bald ein Maximum. Die permanente Torsion bleibt von da ab nahezu constant. Bei der Stromstärke 720 tritt eine temporäre Detorsion auf, welche bei wachsender Intensität zunimmt. Der Draht hat nun, nachdem er eine constante permanente Torsion erhalten hat, das Bestreben, bei Einwirkung des magnetisierenden Stromes sich zu entdrillen resp. nach der, der permanenten Torsion entgegengesetzten Seite, nach links zu tordieren.

Bei 2 gestaltet sich die Sache anders. Auch hier findet eine permanente Torsion statt, welche anfangs ebenfalls sich nach rechts, hierauf aber bei stärkerer Magnetisierung nach links wendet und schnell anwächst.

Bei noch stärkerer Magnetisierung bleibt dieselbe ebenfalls constant.

Hier zeigt sich also eine permanente Torsion, die der von 1 entgegengesetzt ist. Eine temporäre Torsion tritt beinahe gleich zu Anfang auf und wächst bei schwacher Intensität stärker, bei grösserer Intensität langsamer an. Hier findet keine Entdrillung, sondern bei Stromschluss eine stärkere Torsion statt.

Bei den Curven zu 3 und 4 zeigt sich ein analoger Vorgang. Auch hier treten permanente Torsionen auf, welche anfangs schneller, dann nur noch allmählich anwachsen und schliesslich, nachdem sie ihr Maximum erreicht haben, constant bleiben.

Sie liegen ebenfalls nach verschiedenen Seiten. Bei 3 tritt gleich wieder zu Anfang eine temporäre Torsion auf, die bei zunehmender Intensität langsamer anwächst. Bei 4 dagegen zeigt sich anfangs weder Detorsion noch Torsion.

Erst bei der Stromstärke 240 tritt eine temporäre Detorsion auf, die bei zunehmender Stromstärke langsam zunimmt.

Der Draht 4 detordiert sich also bei Stromschluss resp. sucht sich nach rechts zu tordieren, nachdem bereits vorher die parmanente Torsion constant geworden war.

Fasst man diese vier Ergebnisse zusammen, so gelangt man zu folgendem Gesammtresultat:

Werden ausgeglühte Eisendrähte, welche sich in Torsionsschwingungen befinden, magnetisiert, so tordieren sie sich und zwar bei schwacher Magnetisierung in einer von der Stromesrichtung unabhängigen Weise. Beim Oeffnen des Stromes bleibt die Torsion entweder ganz oder teilweise vorhanden. Ist diese permanente

Torsion bis zu einem Maximum angewachsen und constant geworden, so bewirken stärkere Magnetisierungen entweder temporäre Torsionen oder Detorsionen je nach der Lage der permanenten Torsion. Diese temporären Torsionen resp. Detorsionen wirken dann bei gleicher Stromesrichtung gleichsinnig. Tritt der Strom von unten ein, d. h. umkreist er den Draht in der entgegengestzten Richtung der Bewegung des Uhrzeigers, so finden die Torsionen resp. Detorsionen nach links statt; ist die Richtung des Stromes entgegengesetzt, so erleiden die Drähte Torsionen resp. Detorsionen nach rechts. Sieht man einmal von der permanenten Torsion ab, und betrachtet z. B. Draht 4 von der Stromstärke 240 an, indem man diese Stelle als Nullstellung wählt, so stimmt das Bild mit 3 völlig überein.

Was die Grösse der permanenten Torsionen betrifft, so ist dieselbe bei allen vier Drähten verschieden und, da einmal der dünnere Draht eine kleinere, das andere Mal eine grössere permanente Torsion besitzt, als der dickere, unabhängig von der Dicke des Drahtes.

Vorläufig will ich nur an diesen Thatsachen festhalten und später die Entstehung dieser Erscheinungen mit Hülfe der von Wiedemann (l. c.) und Gore (l. c.) angestellten Versuche zu erklären versuchen.

Tabelle und Tafel II veranschaulichen den Vorgang bei ausgeglühten, einseitig magnetisierten Stahldrähten von 0,54 und 0,60 mm Dicke.

Bei den beiden ersten bewirkt der Magnetisierungsstrom + permanente und temporäre Torsionen nach links, bei den beiden letzteren der Strom — permanente und temporäre Torsionen nach rechts.

Auch hier findet bei ganz schwachen Strömen erst ein langsames, hierauf aber ein starkes Wachsen der Torsionen statt. Haben die permanenten Torsionen ihr Maximum erreicht, was bei den vier Drähten nahezu bei der Stromstärke 500 eintritt, so bleiben sie von da

Tabelle II.

Ausgeglühte Stahldrähte.

0,54 mm dick			0,60 mm dick			0,54 mm dick			0,60 mm dick		
J	+	O	J	+	O	J	—	O	J	—	O
13	+ 0·07″	— 0·07″	20	+ 0·27″	+ 0·02″	18	— 0·09″	+ 0·02″	14	— 0·14″	— 0·05″
17	+ 0·07″	+ 0·03″	27	+ 0·27″	+ 0·06″	25	— 0·12″	+ 0·00″	18	— 0·13″	— 0·06″
27	+ 0·22″	— 0·01″	34	+ 0·37″	+ 0·04″	32	— 0·18″	— 0·04″	25	— 0·15″	+ 0·01″
43	+ 0·36″	+ 0·09″	45	+ 0·54″	+ 0·05″	44	— 0·33″	— 0·10″	35	— 0·15″	+ 0·00″
72	+ 1·14″	+ 0·24″	70	+ 1·21″	+ 0·01″	53	— 0·39″	— 0·14″	55	— 0·24″	+ 0·02″
90	+ 2·00″	+ 0·40″	86	+ 1·40″	+ 0·00″	61	— 0·41″	— 0·18″	70	— 0·35″	+ 0·03″
140	+ 4·30″	+ 2·09″	130	+ 2·12″	+ 0·00″	74	— 0·57″	— 0·26″	87	— 0·32″	+ 0·07″
200	+ 8·00″	+ 5·08″	160	+ 2·47″	+ 0·14″	95	— 1·16″	— 0·26″	110	— 0·47″	+ 0·19″
220	+ 9·27″	+ 6·08″	200	+ 3·57″	+ 0·23″	125	— 2·08″	— 1·01″	135	— 0·54″	+ 0·20″
250	+ 10·53″	+ 6·53″	225	+ 4·50″	+ 0·43″	190	— 4·56″	— 3·04″	160	— 1·06″	+ 0·22″
320	+ 14·40″	+ 8·43″	260	+ 6·07″	+ 1·11″	225	— 6·08″	— 3·57″	180	— 1·35″	+ 0·12″
370	+ 16·56″	+ 10·08″	300	+ 7·31″	+ 1·57″	270	— 8·26″	— 5·37″	195	— 2·16″	— 0·08″
440	+ 18·45″	+ 12·05″	350	+ 9·46″	+ 2·58″	320	— 10·11″	— 7·00″	255	— 4·54″	— 2·07″
540	+ 19·56″	+ 12·59″	425	+ 13·04″	+ 3·54″	390	— 11·47″	— 8·05″	290	— 6·18″	— 3·08″
590	+ 20·44″	+ 13·02″	560	+ 17·27″	+ 5·47″	440	— 12·18″	— 9·07″	320	— 7·50″	— 4·34″
650	+ 21·14″	+ 13·46″	610	+ 18·42″	+ 5·57″	610	— 14·56″	— 9·19″	340	— 8·28″	— 4·53″
680	+ 21·30″	+ 13·09″	710	+ 20·13″	+ 5·58″	700	— 15·37″	— 9·16″	370	— 10·17″	— 6·12″
760	+ 22·23″	+ 12·40″	850	+ 22·29″	+ 5·41″	800	— 16·25″	— 9·05″	425	— 12·25″	— 7·33″
870	+ 23·17″	+ 12·36″	1000	+ 25·13″	+ 5·28″	1000	— 18·10″	— 8·58″	600	— 16·26″	— 10·38″
950	+ 24·14″	+ 12·57″							750	— 17·43″	— 11·03″
1010	+ 24·36″	+ 13·03″							800	— 18·10″	— 11·01″
									910	— 19·03″	— 10·52″
									1100	— 20·22″	— 11·00″

ab constant, während die temporären Torsionen mit wachsender Stromstärke noch weiter zunehmen.

Hier ist klar und deutlich die Abhängigkeit der Torsionen von der Richtung des Magnetisierungsstromes erkennbar, da auch die schwächsten Torsionen bereits von derselben abhängig erscheinen. Letzteres ist indessen nur zufällig der Fall gewesen, denn spätere Versuche zeigen mit Bestimmtheit, dass bei schwachen Magnetisierungen die Torsionen willkürlich stattfinden.

Die nächstfolgenden Tabellen III bis VI und die entsprechenden Tafeln zeigen die Erscheinungen, wenn man ausgeglühte Eisen- und Stahldrähte wechselseitig magnetisiert. Curve α zeigt die Torsionen, welche bei Einwirkung der ersten Magnetisierung auftreten; Curve β giebt die nach Oeffnen des Stromes permanente Torsion an. Curve γ dagegen zeigt die Torsionen resp. Detorsionen, welche bei umgekehrter Magnetisierung stattfinden, und Curve δ giebt die dieser Magnetisierung entsprechenden permanenten Torsionen wieder.

Es ergiebt sich aus Tabelle und Tafel III, dass bei Stromschluss die Drähte sich tordieren (α) und nach Aufhebung der Magnetisierung eine Torsion beibehalten (β). Wird der Strom umgekehrt, so detordiert sich der Draht resp. erleidet eine Torsion nach der entgegengesetzten Seite (γ) und drillt sich beim Oeffnen des Stromes wieder nach der Seite, auf welcher die erste permanente Torsion lag δ.

Dies ist speciell bei 1 und 3 sehr gut zu sehen. Auch hier beobachtet man die Willkürlichkeit hinsichtlich der Grösse der Torsionen. Es lässt sich absolut keine Gesetzmässigkeit in dieser Beziehung nachweisen, und müssen deshalb diese Erscheinungen von anderen Umständen abhängen, auf die ich, wie schon erwähnt, später zurückkommen werde.

Zu bemerken ist noch, dass die beiden Curven

Tabelle III.

Ausgeglühte Eisendrähte.

0,42 mm dick.					0,52 mm dick.					0,60 mm dick.				
J	+	0	−	0	J	+	0	−	0	J	+	0	−	0
23	+ 1'53"	+ 1'32"	+ 1'34"	+ 1'56"	16	+ 0'17"	+ 0'22"	+ 0'24"	+ 0'42"	16	+ 0'26"	+ 0'10"	− 0'07"	+ 0'17"
32	+ 4'16"	+ 3'15"	+ 2'50"	+ 3'30"	24	+ 0'54"	+ 0'54"	+ 0'56"	+ 1'23"	32	+ 0'52"	+ 0'21"	− 0'12"	+ 0'36"
44	+ 7'29"	+ 5'48"	+ 4'43"	+ 5'52"	38	+ 2'15"	+ 2'13"	+ 2'28"	+ 2'34"	67	+ 2'13"	+ 0'54"	− 0'02"	+ 1'15"
58	+ 12'23"	+ 9'57"	+ 6'30"	+ 7'59"	58	+ 4'56"	+ 4'43"	+ 5'39"	+ 5'39"	87	+ 2'49"	+ 1'21"	+ 0'21"	+ 1'39"
89	+ 13'54"	+ 11'36"	+ 7'17"	+ 9'14"	70	+ 7'06"	+ 6'50"	+ 8'48"	+ 8'15"	120	+ 3'47"	+ 1'34"	− 0'17"	+ 1'53"
120	+ 14'12"	+ 11'34"	+ 7'52"	+ 9'48"	120	+ 10'28"	+ 10'08"	+ 14'09"	+ 13'43"	200	+ 5'43"	+ 2'03"	− 1'40"	+ 2'07"
200	+ 14'51"	+ 11'15"	+ 6'58"	+ 10'04"	165	+ 12'20"	+ 12'07"	+ 14'32"	+ 14'09"	220	+ 5'55"	+ 2'03"	− 2'20"	+ 1'58"
250	+ 15'11"	+ 11'10"	+ 6'32"	+ 10'21"	240	+ 13'16"	+ 12'56"	+ 14'32"	+ 13'58"	320	+ 8 01"	+ 2'13"	− 4'15"	+ 2'08"
310	+ 15'55"	+ 10'48"	+ 5'28"	+ 10'25"	305	+ 13'33"	+ 13'15"	+ 14'29"	+ 14'06"	380	+ 9'10"	+ 2'29"	− 5'31"	+ 2'38"
410	+ 17'03"	+ 10'14"	+ 3'48"	+ 9'59"	340	+ 13'58"	+ 13'29"	+ 14'31"	+ 14'05"	420	+ 10'05"	+ 2'49"	− 5'51"	+ 2'46"
490	+ 18'11"	+ 10'20"	+ 2'30"	+ 10'13"	370	+ 13'58"	+ 13'35"	+ 14'21"	+ 13'55"	480	+ 11'03"	+ 2'40"	− 7'25"	+ 2'36"
590	+ 19'41"	+ 10'16"	+ 1'06"	+ 10'23"	460	+ 14'06"	+ 13'37"	+ 14'23"	+ 13'52"	510	+ 11'52"	+ 2'47"	− 8'20"	+ 2'51"
800	+ 22'49"	+ 10'30"	− 2'02"	+ 10'12"	600	+ 14'02"	+ 13'38"	+ 14'18"	+ 13'50"	610	+ 13'06"	+ 3'06"	− 10'00"	+ 2'53"
950	+ 24'51"	+ 10'01"	− 5'18"	+ 9'49"	920	+ 14'11"	+ 13'45"	+ 14'19"	+ 13'46"	730	+ 15'53"	+ 3'11"	− 12'56"	+ 2'49"
										800	+ 17'05"	+ 2'57"	− 14'35"	+ 2'44"
										880	+ 18'47"	+ 3'02"	− 16'23"	+ 3'08"
										950	+ 18'54"	+ 3'24"	− 16'43"	+ 3'17"

Tabelle IV.

Ausgeglühte Eisendrähte.

0,42 mm dick.					0,52 mm dick.					0,60 mm dick.				
J	—	0	+	0	J	—	0	+	0	J	—	0	+	0
17	— 0'17"	+ 0'11"	+ 0'37"	+ 0'51"	33	— 1'04"	— 0'10"	+ 0'40"	— 0'16"	31	— 1'05"	— 0'50"	— 1'29"	— 1'44"
24	+ 0'11"	+ 0'36"	+ 1'07"	+ 0'56"	17	— 1'54"	— 0'39"	+ 0'56"	— 0'24"	43	— 2'36"	— 2'18"	— 3'00"	— 3'12"
33	+ 0'39"	+ 1'12"	+ 2'25"	+ 1'50"	74	— 2'21"	— 0'37"	+ 2'07"	— 0'22"	58	— 4'49"	— 4'11"	— 5'38"	— 5'49"
51	+ 1'51"	+ 2'48"	+ 5'52"	+ 4'34"	120	— 2'11"	+ 0'26"	+ 3'57"	+ 0'20"	80	— 9'31"	— 8'05"	— 8'40"	— 8'54"
75	+ 3'48"	+ 1'44"	+ 8'49"	+ 6'11"	170	— 3'17"	+ 0'27"	+ 6'03"	+ 1'03"	96	— 11'18"	— 9'16"	— 9'26"	— 9'42"
90	+ 4'45"	+ 5'43"	+ 9'05"	+ 7'08"	210	— 4'32"	+ 1'18"	+ 7'44"	+ 1'10"	125	— 12'18"	— 10'24"	— 9'51"	— 10'27"
130	+ 4'59"	+ 6'03"	+ 9'24"	+ 7'09"	290	— 6'34"	+ 1'17"	+ 10'21"	+ 1'11"	160	— 13'13"	— 10'51"	— 10'19"	— 10'55"
160	+ 5'19"	+ 6'13"	+ 9'42"	+ 7'07"	430	— 9'51"	+ 1'25"	+ 14'43"	+ 1'07"	210	— 13'50"	— 11'13"	— 10'20"	— 11'03"
220	+ 4'43"	+ 6'20"	+ 10'20"	+ 6'54"	510	— 12'13"	+ 1'18"	+ 16'57"	+ 1'26"	270	— 15'07"	— 11'20"	— 10'03"	— 11'00"
300	+ 4'12"	+ 6'33"	+ 11'21"	+ 7'06"	600	— 14'35"	+ 1'01"	+ 19'28"	+ 1'31"	380	— 16'34"	— 11'20"	— 9'03"	— 10'56"
450	+ 3'18"	+ 6'41"	+ 13'46"	+ 6'46"	670	— 16'37"	+ 1'22"	+ 22'02"	+ 1'35"	435	— 17'07"	— 11'24"	— 9'12"	— 10'57"
540	+ 2'12"	+ 6'42"	+ 14'39"	+ 6'46"	790	— 20'10"	+ 1'22"	+ 25'20"	+ 1'09"	530	— 18'15"	— 11'20"	— 8'18"	— 11'23"
750	— 0'15"	+ 6'18"	+ 17'07"	+ 6'42"	950	— 24'17"	+ 1'24"	+ 29'44"	+ 1'35"	630	— 19'21"	— 11'16"	— 7'31"	— 11'28"
870	— 1'33"	+ 6'20"	+ 18'23"	+ 6'29"	1050	— 27'20"	+ 1'12"	+ 32'29"	+ 1'57"	760	— 21'13"	— 11'22"	— 6'46"	— 10'45"
										900	— 22'49"	— 11'22"	— 5'42"	— 11'35"
										1000	— 24'04"	— 11'25"	— 5'01"	— 11'28"

der permanenten Torsionen bei Eisendrähten fast immer vollständig übereinstimmen.

Betrachtet man Tabelle und Tafel IV, so gelangt man sofort zur Einsicht, dass die Drähte sich bei schwacher Magnetisierung willkürlich tordieren und erst, nachdem die permanenten Torsionen ihr Maximum erreicht haben, somit constant geworden sind, je nach der Richtung des Stromes sich weiter tordieren oder detordieren und dann in die entgegengesetzte Torsion übergehen (siehe 1).

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse bei ausgeglühten Stahldrähten. Hier fallen die Curven der permanenten Torsionen nicht zusammen, sondern liegen teils mehr teils weniger von einander entfernt und variiren auch in ihrer gegenseitigen Lage zu einander.

Tafel V 1. zeigt einen ausgeglühten Stahldraht von 0,42 mm Dicke. Der Vorgang ist bei schwachen Magnetisierungen etwas compliciert. Durch die erste Magnetisierung erhält er eine Torsion nach links (α), die restierende permanente Torsion zeigt Curve (β). Die entgegengesetzte Magnetisierung bewirkt anfangs eine Torsion nach rechts, hierauf eine Torsion nach links über die permanente Torsion der ersten Magnetisierung hinaus und übertrifft eine zeitlang die durch die erste Magnetisierung herbeigeführte Torsion.

Sind die permanenten Torsionen constant geworden, so geben die temporären Torsionen wieder deutlich ihre Abhängigkeit von der Richtung des Stromes kund. Die erste Magnetisierung tordiert den Draht nach links, und nach Aufheben der Magnetisierung entdrillt sich der Draht wieder bis zu der dieser Magnetisierung entsprechenden permanenten Torsion. Der entgegengesetzte Strom bewirkt anfangs eine weitere temporäre Entdrillung, die bei stärkerer Magnetisierung in eine Torsion nach der anderen Seite hin umschlägt.

Tabelle V.

Ausgeglühte Stahldrähte.

0,42 mm dick					0,54 mm dick					0,60 mm dick				
J	+	O	−	O	J	+	O	−	O	J	+	O	−	O
34	+ 1'52"	+ 0'02"	− 1'59"	+ 0'03"	1	− 0'12"	− 0'07"	− 0'17"	− 0'04"	24	+ 0'13"	− 0'00"	− 0'32"	− 0'00"
41	+ 2'44"	+ 0'18"	− 1'54'	+ 0'31"	6	− 0'09"	− 0'08"	− 0'21"	− 0'00"	29	+ 0'28"	− 0'05"	− 0'35"	− 0'01"
52	+ 3'50"	+ 0'40"	− 2'22"	+ 0'48'	40	+ 0'29"	+ 0'23"	+ 0'02"	+ 0'22"	37	+ 0'43"	− 0'02"	− 0'47"	− 0'01"
91	+ 8'27"	+ 2'25"	− 1'04"	+ 4'31'	90	+ 4'12"	+ 4'16"	+ 4'31"	+ 5'20"	51	+ 0'59"	− 0'02"	− 0'53"	− 0'02"
210	+ 19'13"	+ 6'51"	+ 15'10"	+ 26'13"	200	+ 19'35"	+ 16'48"	+ 17'33"	+ 19'09"	81	+ 1'32"	− 0'00"	− 1'20"	− 0'01"
270	+ 24'30"	+ 8'33"	+ 11'15"	+ 26'32"	210	+ 24'50"	+ 21'46"	+ 19'39"	+ 20'18"	120	+ 2'18"	+ 0'08"	− 1'51"	+ 0'10"
380	+ 31'01"	+ 9'11"	+ 5'21"	+ 26'44"	275	+ 29'22"	+ 25'25"	+ 20'58"	+ 21'18"	135	+ 2'48"	+ 0'21"	− 1'56"	+ 0'24"
410	+ 34'23"	+ 9'18"	+ 2'04"	+ 26'08"	295	+ 31'02"	+ 26'31"	+ 21'15"	+ 21'43"	165	+ 3'45"	+ 0'45"	− 2'08"	+ 0'48"
470	+ 37'45"	+ 9'10"	− 2'08"	+ 26'21"	330	+ 33'20"	+ 28'00"	+ 22'16"	+ 22'05"	180	+ 4'25"	+ 1'06"	− 1'57"	+ 0'57"
600	+ 45'54"	+ 9'14"	− 10'06"	+ 26'08"	350	+ 34'07"	+ 28'33"	+ 22'16"	+ 22'34"	205	+ 5'27"	+ 1'43"	− 1'53"	+ 1'34"
670	+ 51'18"	+ 9'31'	− 15'20"	+ 26'08"	380	+ 35'13"	+ 29'12"	+ 22'51"	+ 22'52"	240	+ 7'18"	+ 2'41"	− 1'28"	+ 2'35"
810	+ 58'32"	+ 9'34"	− 26'31"	+ 26'08"	460	+ 36'18"	+ 29'38"	+ 23'02"	+ 23'02"	290	+ 10'38"	+ 5'05"	− 0'20"	+ 4'32"
					520	+ 37'07"	+ 29'51"	+ 22'46"	+ 23'23"	330	+ 12'50"	+ 6'28"	+ 0'16"	+ 5'20"
					550	+ 37'23"	+ 30'02"	+ 22'35"	+ 23'24"	395	+ 15'22"	+ 7'54"	+ 0'05"	+ 6'43"
					600	+ 37'38"	+ 30'02"	+ 22'27"	+ 23'29"	470	+ 18'19"	+ 9'25"	− 0'18"	+ 7'02"
					1000	+ 39'18"	+ 27'41"	+ 19'18"	+ 23'28"	510	+ 19'37"	+ 9'38"	− 1'37"	+ 7'13"
										580	+ 21'06"	+ 10'08"	− 2'32"	+ 7'14"
										650	+ 22'27"	+ 10'11"	− 3'59"	+ 6'56"
										850	+ 26'29"	+ 10'17"	− 7'44"	+ 7'08"
										1000	+ 28'58"	+ 10'21"	− 10'49"	+ 7'09"

Beim Oeffnen des Stromes entdrillt sich der Draht wieder und nimmt wieder eine Torsion nach links an, die grösser ist, als die durch die erste Magnetisierung erzielte.

Die Aufzeichnungen zu den Drähten 0,54 und 0,60 mm haben ein mehr gleichartiges Ansehen: Zuerst ein zwar verschiedenes, aber beiderseits anfangs rapides Anwachsen der Curven, wie wir es schon vorher öfter beobachtet haben.

Hierauf Constanz der permanenten Torsionen und allmähliche Zunahme der temporären Torsionen und Detorsionen mit Zunahme der Stromintensität.

Diese Vorgänge sind auch deutlich aus Tabelle und Tafel VI ersichtlich.

Die folgenden Tabellen und Tafeln VII bis X zeigen die Resultate, welche ich bei meinen Untersuchungen mit harten Eisen- und Stahldrähten erhalten habe. Die Erscheinungen sind hinsichtlich der Richtungen der Torsionen oder Detorsionen im Wesentlichen dieselben, und brauche ich deshalb auf eine nähere Erläuterung der einzelnen Fälle nicht einzugehen.

Bezüglich der Grösse der Torsionen lässt sich auch hier, wie bei den ausgeglühten Drähten, keine Abhängigkeit derselben von der Dicke der Drähte nachweisen, ebensowenig von der Stromintensität beim Vergleich der einzelnen Drähte untereinander.

Es mag zum Schlusse noch ausdrücklich hervorgehoben werden, dass das magnetische Moment des Magnets vor jedem angestellten Versuch gemessen wurde und stets gleich gross war und zwar 4696,7 (cm, gr, sec).

Ich gelange nun zum Vergleich der von Wiedemann (l. c.) und Gore (l. c.) gefundenen Resultate mit den meinigen.

Tabelle VI.

Ausgeglühte Stahldrähte.

0,42 mm dick					0,54 mm dick					0,60 mm dick				
J	−	0	+	0	J	−	0	+	0	J	−	0	+	0
26	− 1′12″	− 0′03″	+ 1′15″	− 0′05″	19	− 0′32″	+ 0′05″	+ 0′46″	+ 0′07″	22	− 0′26″	− 0′04″	+ 0′36″	− 0′10″
35	− 1′15″	+ 0′28″	+ 2′13″	+ 0′27″	27	− 0′39″	+ 0′17″	+ 1′02″	+ 0′14″	35	− 0′43″	− 0′09″	+ 1′09″	− 0′03″
56	− 1′32″	+ 1′14″	+ 4′35″	+ 1′48″	37	− 0′55″	+ 0′16″	+ 1′27″	+ 0′14″	58	− 1′03″	− 0′02″	+ 1′48″	− 0′02″
76	− 1′07″	+ 2′52″	+ 8′00″	+ 4′01″	53	− 1′16″	+ 0′18″	+ 2′03″	+ 0′19″	96	− 1′44″	− 0′00″	+ 3′19″	+ 0′04″
110	+ 1′52″	+ 7′10″	+ 16′01″	+ 10′22″	74	− 1′56″	+ 0′29″	+ 3′02″	+ 0′36″	120	− 1′53″	+ 0′09″	+ 4′26″	+ 0′11″
150	+ 10′14″	+ 17′22″	+ 23′45″	+ 16′15″	93	− 2′02″	+ 1′00″	+ 4′23″	+ 1′25″	160	− 2′14″	+ 0′32″	+ 6′31″	+ 0′30″
180	+ 10′13″	+ 18′53″	+ 25′58″	+ 17′02″	120	− 1′52″	+ 1′48″	+ 6′44″	+ 3′04″	200	− 2′15″	+ 2′14″	+ 9′03″	+ 1′03″
220	+ 8′20″	+ 19′02″	+ 28′00″	+ 17′29″	165	+ 0′01″	+ 4′35″	+ 13′07″	+ 7′30″	260	− 2′15″	+ 3′58″	+ 11′36″	+ 1′26″
275	+ 5′42″	+ 19′10″	+ 30′41″	+ 17′35″	215	+ 2′59″	+ 8′47″	+ 21′11″	+ 13′12″	360	− 3′47″	+ 4′21″	+ 11′36″	− 0′15″
340	+ 2′29″	+ 19′03″	+ 33′50″	+ 17′35″	265	+ 4′35″	+ 11′28″	+ 27′07″	+ 17′25″	470	− 6′14″	+ 3′14″	+ 11′40″	− 2′10″
450	− 3′04″	+ 19′00″	+ 39′22″	+ 17′17″	310	+ 6′03″	+ 14′05″	+ 33′26″	+ 21′24″	560	− 7′55″	+ 2′54″	+ 13′52″	− 2′31″
540	− 6′49″	+ 18′41″	+ 42′34″	+ 17′21″	370	+ 6′13″	+ 15′46″	+ 38′39″	+ 24′52″	670	− 9′49″	+ 3′21″	+ 18′32″	− 2′39″
695	− 14′40″	+ 18′57″	+ 51′00″	+ 17′23″	440	+ 5′50″	+ 17′01″	+ 42′28″	+ 26′36″	860	− 13′35″	+ 3′14″	+ 25′33″	− 2′33″
900	− 25′10″	+ 19′08″	+ 61′56″	+ 17′22″	620	+ 0′22″	+ 17′16″	+ 48′37″	+ 28′14″	920	− 15′03″	+ 3′14″	+ 28′56″	− 2′32″
					700	− 1′39″	+ 17′33″	+ 50′45″	+ 27′52″	1100	− 17′56″	+ 3′24″	+ 34′57″	− 2′17″
					790	− 5′08″	+ 17′28″	+ 53′19″	+ 28′07″					
					1000	− 11′19″	+ 17′05″	+ 59′35″	+ 28′05″					

Tabelle VII.

Eisendrähte.

0,42 mm dick					0,52 mm dick					0,60 mm dick				
J	+	O	−	O	J	+	O	−	O	J	+	O	−	O
2	− 0·02″	− 0·02″	+ 0·01″	− 0·02″	14	+ 0·14″	+ 0·04″	− 0·04″	− 0·02″	2,9	+ 0·02″	+ 0·09″	+ 0·09″	+ 0·03″
14	+ 0·10″	+ 0·11″	+ 0·02″	+ 0·03″	16	+ 0·11″	+ 0·05″	− 0·03″	+ 0·11″	6	+ 0·18″	+ 0·09″	+ 0·05″	+ 0·09″
17	+ 0·16″	+ 0·02″	− 0·06″	+ 0·03″	24	+ 0·22″	+ 0·11″	− 0·03″	+ 0·21″	8	+ 0·14″	+ 0·09″	+ 0·05″	+ 0·09″
28	+ 0·22″	+ 0·02″	− 0·12″	+ 0·07″	53	+ 2·13″	+ 1·44″	+ 1·32″	+ 2·12″	13	+ 0·23″	+ 0·22″	+ 0·30″	+ 0·41″
48	+ 0·34″	+ 0·02″	− 0·20″	+ 0·03″	79	+ 4·43″	+ 3·44″	+ 3·32″	+ 4·01″	21	+ 1·13″	+ 1·05″	+ 1·08″	+ 1·47″
100	+ 0·55″	+ 0·05″	− 0·39″	+ 0·01″	120	+ 6·28″	+ 5·25″	+ 4·56″	+ 5·44″	34	+ 2·43″	+ 2·44″	+ 3·05″	+ 4·01″
170	+ 1·51″	+ 0·08″	− 1·16″	− 0·09″	170	+ 7·33″	+ 6·01″	+ 5·03″	+ 6·20″	48	+ 5·29″	+ 5·08″	+ 5·35″	+ 6·42″
180	+ 1·01″	− 0·12″	− 1·35″	− 0·22″	185	+ 7·54″	+ 6·13″	+ 4·49″	+ 6·30″	78	+ 11·34″	+ 11·02″	+ 12·06″	+ 14·13″
230	+ 1·54″	− 0·17″	− 2·12″	− 0·23″	240	+ 8·26″	+ 6·31″	+ 4·45″	+ 6·38″	93	+ 17·48″	+ 16·58″	+ 17·39″	+ 19·10″
320	+ 2·29″	− 0·16″	− 3·03″	− 0·17″	290	+ 8·55″	+ 6·35″	+ 4·08″	+ 6·35″	140	+ 24·39″	+ 23·21″	+ 25·42″	+ 27·05″
350	+ 2·57″	− 0·08″	− 3·25″	+ 0·24″	320	+ 9·34″	+ 6·39″	+ 3·46″	+ 6·02″	187	+ 27·59″	+ 26·46″	+ 26·42″	+ 28·54″
450	+ 4·22″	+ 0·07″	− 4·08″	− 0·09″	360	+ 9·04″	+ 6·10″	+ 3·01″	+ 6·03″	242	+ 29·26″	+ 28·04″	+ 26·33″	+ 28·54″
600	+ 5·12″	− 0·33″	− 5·56″	− 0·10″	440	+ 10·17″	+ 6·24″	+ 2·18″	+ 6·09″	295	+ 29·44″	+ 27·59″	+ 25·10″	+ 28·50″
680	+ 6·12″	− 0·07″	− 6·23″	− 0·31″	530	+ 11·09″	+ 6·08″	+ 1·33″	+ 5·49″	390	+ 30·03″	+ 27·41″	+ 23·53″	+ 28·18″
880	+ 8·00″	+ 0·02″	− 8·00″	− 0·33″	560	+ 11·13″	+ 5·58″	+ 1·11″	+ 5·59″	435	+ 30·25″	+ 27·27″	+ 22·49″	+ 27·55″
					660	+ 12·52″	+ 6·04″	+ 0·18″	+ 6·08″	550	+ 31·25″	+ 27·27″	+ 21·36″	+ 28·22″
					850	+ 13·56″	+ 6·08″	− 0·49″	+ 6·18″	650	+ 32·19″	+ 27·36″	+ 20·37″	+ 27·59″
					960	+ 14·37″	+ 5·58″	− 1·42″	+ 6·20″	720	+ 33·05″	+ 27·36″	+ 20·14″	+ 28·18″
										800	+ 33·46″	+ 27·46″	+ 19·56″	+ 28·18″
										900	+ 34·36″	+ 27·41″	+ 19·01″	+ 28·10″

Tabelle VIII.

Eisendrähte.

0,42 mm dick					0,52 mm dick					0,60 mm dick				
J	—	0	+	0	J	—	0	+	0	J	—	0	+	0
18	— 0'30"	— 0'05"	+ 0'19"	— 0'18"	12,5	+ 0'00"	+ 0'14"	+ 0'24"	+ 0'19"	16	— 0'08"	+ 0'08"	+ 0'28"	+ 0'17"
22	— 0'46"	— 0'21"	+ 0'06"	— 0'18"	16	+ 0'14"	+ 0'26"	+ 0'34"	+ 0'28"	22	— 0'02"	+ 0'11"	+ 0'37"	+ 0'21"
28	— 1'05"	— 0'19"	+ 0'21"	— 0'23"	29	+ 0'28"	+ 0'57"	+ 1'40"	+ 1'22"	38	+ 0'07"	+ 0'41"	+ 1'22"	+ 0'52"
39	— 1'42"	— 0'43"	+ 0'10"	— 0'43"	50	+ 1'58"	+ 2'29"	+ 4'02"	+ 3'25"	67	+ 0'39"	+ 1'29"	+ 2'54"	+ 2'04"
61	— 2'39"	— 1'04"	+ 0'20"	— 1'21"	100	+ 7'05"	+ 8'00"	+ 9'21"	+ 8'46"	175	+ 4'17"	+ 6'14"	+ 8'57"	+ 6'47"
76	— 3'31"	— 1'25"	+ 0'27"	— 1'40"	150	+ 8'47"	+ 10'00"	+ 10'33"	+ 9'44"	225	+ 4'38"	+ 7'21"	+ 9'51"	+ 7'22"
110	— 4'33"	— 1'40"	+ 0'59"	— 1'58"	240	+ 7'49"	+ 10'20"	+ 11'17"	+ 9'24"	290	+ 4'05"	+ 7'38"	+ 10'27"	+ 7'21"
135	— 5'40"	— 1'48"	+ 1'28"	— 2'06"	290	+ 7'02"	+ 10'07"	+ 11'21"	+ 9'29"	360	+ 2'58"	+ 7'30"	+ 11'01"	+ 7'29"
170	— 6'58"	— 1'49"	+ 2'34"	— 2'13"	330	+ 6'33"	+ 9'47"	+ 11'40"	+ 10'16"	370	+ 2'46"	+ 7'37"	+ 11'22"	+ 7'24"
220	— 8'29"	— 2'07"	+ 3'37"	— 2'14"	440	+ 5'30"	+ 9'52"	+ 12'31"	+ 9'48"	400	+ 1'59"	+ 7'29"	+ 11'23"	+ 7'11"
295	— 10'55"	— 2'06"	+ 5'54"	— 2'22"	525	+ 4'50"	+ 9'45"	+ 13'21"	+ 9'35"	500	+ 0'35"	+ 7'19"	+ 12'45"	+ 7'17"
360	— 12'58"	— 2'23"	+ 7'24"	— 2'45"	590	+ 4'18"	+ 9'48"	+ 13'39"	+ 9'10"	580	— 0'23"	+ 7'08"	+ 13'41"	+ 7'18"
380	— 13'45"	— 2'36"	+ 7'42"	— 2'49"	640	+ 3'35"	+ 9'28"	+ 14'02"	+ 9'47"	640	— 1'02"	+ 7'11"	+ 14'09"	+ 7'00"
465	— 16'40"	— 2'55"	+ 10'03"	— 3'01"	750	+ 2'40"	+ 9'30"	+ 15'05"	+ 9'48"	730	— 2'32"	+ 7'04"	+ 15'31"	+ 7'04"
590	— 20'51"	— 2'53"	+ 14'07"	— 3'28"	880	+ 1'27"	+ 9'24"	+ 15'58"	+ 9'10"	900	— 4'19"	+ 6'59"	+ 17'45"	+ 7'11"
680	— 23'41"	— 3'37"	+ 15'40"	— 3'35"	950	+ 1'03"	+ 9'25"	+ 16'23"	+ 9'40"	1000	— 5'18"	+ 6'59"	+ 18'29"	+ 7'10"
960	— 32'59"	— 3'31"	+ 24'19"	— 3'23"										

Tabelle IX.

Stahldrähte.

0,45 mm dick					0,54 mm dick					0,60 mm dick				
J	+	0	−	0	J	+	0	−	0	J	+	0	−	0
4	− 0'19"	− 0'08"	− 0'11"	− 0'35"	13.5	+ 0'07"	− 0'08"	− 0'21"	− 0'01"	13	+ 0'02"	− 0'03"	− 0'07"	− 0'09"
6	− 0'27"	− 0'35"	− 0'38"	− 0'41"	20	+ 0'14"	− 0'09"	− 0'19"	− 0'08"	19	− 0'04"	− 0'09"	− 0'18"	− 0'13"
25	− 0'35"	− 0'41"	− 1'00"	− 1'20"	35	+ 0'08"	− 0'11"	− 0'37"	− 0'04"	44	+ 0'04"	− 0'12"	− 0'34"	− 0'20"
35	− 0'49"	− 0'47"	− 1'13"	− 1'24"	56	+ 0'39"	− 0'09"	− 0'35"	+ 0'05"	56	+ 0'00"	− 0'24"	− 0'40"	− 0'12"
44	− 0'50"	− 1'38"	− 1'07"	− 0'56"	92	+ 2'06"	+ 0'55"	+ 0'24"	+ 1'14"	110	+ 0'55"	+ 0'11"	− 0'17"	+ 0'24"
54	− 0'35"	− 0'52"	− 1'11"	− 0'43"	120	+ 3'39"	+ 2'03	+ 1'16"	+ 2'36"	135	+ 2'02"	+ 1'07"	+ 0'36"	+ 1'28"
230	− 0'22"	− 1'15"	− 2'22"	+ 0'02"	165	+ 7'52"	+ 5'27"	+ 4'46"	+ 6'20"	210	+ 5'02"	+ 3'39"	+ 2'58"	+ 4'17"
250	+ 0'44"	− 0'19"	− 2'06"	− 0'07"	210	+ 13'37"	+ 10'18"	+ 9'07"	+ 10'49"	265	+ 8'22"	+ 7'10"	+ 4'50"	+ 6'43"
290	− 1'12"	− 2'06"	− 4'26"	− 1'28"	280	+ 19'06"	+ 14'17"	+ 10'06"	+ 12'04"	320	+ 10'10"	+ 7'52"	+ 4'36"	+ 7'01"
330	− 4'44"	− 6'15"	− 9'36"	− 4'22"	340	+ 23'19"	+ 16'47"	+ 10'21"	+ 11'53"	355	+ 10'52"	+ 8'23"	+ 4'07"	+ 6'47"
360	− 5'16"	− 6'42"	− 10'59"	− 7'58"	390	+ 25'47"	+ 18'08"	+ 11'57"	+ 13'22"	380	+ 11'05"	+ 8'28"	+ 3'39"	+ 6'37"
460	− 6'15"	− 9'07"	− 14'52"	− 11'33"	470	+ 28'24"	+ 18'11"	+ 12'32"	+ 14'02"	460	+ 11'40"	+ 8'38"	+ 3'08"	+ 6'29"
510	− 6'40"	− 9'57"	− 15'48"	− 12'01"	560	+ 29'15"	+ 18'19"	+ 12'08"	+ 14'12"	560	+ 12'13"	+ 8'25"	+ 2'18"	+ 6'36"
650	− 5'47"	− 10'28"	− 16'02"	− 12'24"	660	+ 30'19"	+ 18'45"	+ 11'16"	+ 14'08"	660	+ 12'56"	+ 8'35"	+ 1'56"	+ 6'48"
700	− 5'04"	− 10'15"	− 17'31"	− 12'55"	710	+ 30'17"	+ 18'12"	+ 9,55"	+ 14'16"	720	+ 13'16"	+ 8'41"	+ 1'23"	+ 6'35"
					850	+ 30'59"	+ 17'52"	+ 8'17"	+ 14'11"	1000	+ 14'23"	+ 8'32"	+ 0'11"	+ 6'40"
					950	+ 30'56"	+ 17'30"	+ 6'35"	+ 14'13"					

Tabelle X.

Stahldrähte.

0,45 mm dick					0,54 mm dick					0,60 mm dick				
J	—	0	+	0	J	—	0	+	0	J	—	0	+	0
18	0'01"	+ 0'05"	+ 0'11"	+ 0'09"	20	— 0'06"	+ 0'02"	+ 0'20"	+ 0'07"	14	0'22"	— 0'04"	+ 0'14"	+ 0'04"
31	— 0'04"	+ 0'04"	+ 0'23"	+ 0'21"	24	— 0'09"	+ 0'04"	+ 0'24"	+ 0'12"	18	— 0'20"	+ 0'04"	+ 0'30"	+ 0'09"
43	0'13"	+ 0'17"	+ 0'35"	0'03"	32	— 0'07"	+ 0'11"	+ 0'40"	+ 0'17"	33	— 0'42"	0'01"	+ 0'46"	+ 0'02"
68	— 0'21"	+ 0'06"	+ 0'33"	+ 0'09"	46	— 0'04"	+ 0'24"	+ 0'56"	+ 1'34"	99	— 1'48"	+ 0'30"	+ 3'05"	+ 0'57"
125	— 0'49"	+ 0'09"	+ 0'55"	+ 0'02"	70	+ 0'54"	+ 1'47"	+ 2'33"	+ 1'45"	230	— 1'14"	+ 4'01"	+ 11'39"	+ 6'20"
150	1'28"	— 0'11"	+ 0'49"	0'21"	92	+ 1'29"	+ 2'09"	+ 3'36"	+ 2'32"	330	— 0'37"	+ 7'25"	+ 16'40"	+ 9'02"
195	2'28"	0'37"	+ 0'25"	0'54"	130	+ 3'04"	+ 4'08"	+ 6'59"	+ 5'18"	340	— 0'03"	+ 8'08"	+ 16'52"	+ 9'27"
250	— 4'45"	— 1'57"	— 1'16"	2'55"	160	+ 6'15"	+ 7'27"	+ 10'45"	+ 8'44"	390	— 1'14"	+ 8'05"	+ 18'26"	+ 9'41"
325	— 13'21"	9'21"	9'02"	— 11'00"	190	+ 10'47"	+ 11'55"	+ 15'46"	+ 13'03"	450	2'53"	+ 8'03"	+ 20'05"	+ 10'01"
395	— 19'41"	— 15'19"	— 12'07"	— 14'50"	220	+ 14'50"	+ 15'55"	+ 18'56"	+ 15'35"	540	— 4'26"	+ 8'08"	+ 22'04"	+ 10'10"
445	— 21'29"	— 17'03"	— 12'43"	— 15'59"	270	+ 18'14"	+ 18'58"	+ 20'26"	+ 16'07"	595	5'48"	+ 8'27"	+ 23'27"	+ 10'06"
520	— 23'15"	— 18'07"	— 12'44"	— 17'03"	340	+ 21'58"	+ 21'41"	+ 23'45"	+ 17'18"	610	— 6'24"	+ 8'16"	+ 23'34"	+ 10'01"
625	— 24'32"	— 19'19"	12'09"	17'18"	420	+ 24'03"	+ 22'48"	+ 27'04"	+ 18'30"	710	— 8'25"	+ 8'26"	+ 25'58"	+ 10'02"
770	— 25'53"	— 19'06"	— 11'17"	17'28"	500	+ 24'33"	+ 23'34"	+ 28'58"	+ 18'36"	820	11'00"	+ 8'35"	+ 27'58"	+ 10'03"
880	— 27'01"	19'02"	— 10'21"	17'36"	580	+ 23'11"	+ 23'20"	+ 30'12"	+ 19'23"	1000	11'59"	+ 8'44"	+ 31'40"	+ 9'52"
					660	+ 22'04"	+ 23'17"	+ 31'12"	+ 18'38"					
					760	+ 20'16"	+ 23'10"	+ 32'17"	+ 19'11"					
					1000	+ 15'27"	+ 22'29"	+ 31'02"	+ 19'02"					

Wiedemann hat beobachtet, dass ein völlig ungedrillter Draht unter dem Einfluss der Magnetisierung eine Torsion erleidet, die eine Verschiebung der Scala im Spiegel von 1 bis 2 Teilstrichen ausmacht.

Bei Drahtstücken aus demselben Drahtende war die Drehung stets nach derselben Seite gerichtet, einerlei in welcher Richtung der Strom den Draht umkreiste. Er schreibt diese Wirkung einer kleinen bei allen Drähten vorhandenen Torsion zu.

Ferner fand er, dass ein Eisendraht, der vorher permanent tordiert war und nachher magnetisiert wurde, sich detordierte und nach Aufheben der Magnetisierung seine frühere Lage wieder einnahm.

Diese Erscheinungen können hier nicht in Betracht kommen, da während der Magnetisierung nicht gleichzeitig tordierende Kräfte auf die Drähte einwirkten.

Nun tordierte Wiedemann einen Eisendraht durch Gewichte und magnetisierte denselben, während die tordierende Kraft auf ihn wirkte.

Hierbei ergab sich, dass der Draht sich bei schwacher Magnetisierung stärker tordierte und nach Oeffnen des magnetisierenden Stromes die neu erlangte Torsion beibehielt. Stärkere Magnetisierungen indessen detordierten den Draht wieder und kehrte derselbe nach Aufheben der Magnetisierung wieder in seine frühere Gleichgewichtslage zurück.

Wenn auch dieses Ergebnis insofern nicht mit meinen Resultaten übereinstimmt, da ich auch bei stärkeren Magnetisierungen Torsionen beobachtet habe, so ist doch ersichtlich, dass unter dem gleichzeitigen Einfluss tordierender und magnetisierender Kräfte überhaupt eine Torsion entstehen kann.

Ferner muss man auch berücksichtigen, dass bei dem von Wiedemann angestellten Versuche die tordierende Kraft nur einseitig wirkte, während dies bei meinen Untersuchungen nicht der Fall war.

Eine weitere Untersuchung von Wiedemann ergab Folgendes: Detordiert man einen gedrillten Draht teilweise durch einen schwachen Strom und wendet hierauf einen Strom von gleicher Intensität, aber von entgegengesetzter Richtung an, so detordiert sich der Draht weiter. Ist durch diese Manipulation der Draht derartig entdrillt, wie dies durch Magnetisierung möglich ist, so bewirkt ein der zuletzt angewandten Magnetisierung entgegengesetzter Strom eine Zurückdrehung, ein darauf gleichgerichteter eine Aufdrehung.

Obwohl diese übrigbleibende Torsion auf eine gänzlich verschiedene Weise wie bei meinen Versuchen zu Stande gekommen ist, so zeigt dieser Versuch doch deutlich das Eintreten der Abhängigkeit der Torsionen von der Richtung des Stromes, nachdem die permanente Torsion eine durch Magnetisierung unveränderliche Grösse erlangt hat.

Zum Schlusse will ich noch Versuche von Wiedemann & Gore in Erwähnung bringen, die ebenfalls einigen Aufschluss über die von mir beobachteten Erscheinungen geben.

Sie magnetisierten Eisen- und Stahldrähte, durch die sie gleichzeitig einen Strom leiteten, und beobachteten, dass die Drähte sich unter dem gleichzeitigen Einfluss dieser Ströme tordierten.

The cause of the torsions is the combined influence of magnetism in the ordinary longitudinal direction induced in the bar by the coil-current, and transverse magnetism induced in it by the axial one. (Gore l. c.) Die Torsionen sind abhängig von der Richtung der Ströme. Befindet sich der Nordpol des magnetisierten Drahtes oberhalb, und durchfliesst ihn der hindurchgeleitete Strom von oben nach unten, so tordiert sich das untere freie Ende (von oben gesehen) in der Richtung der Bewegung des Uhrzeigers. Durch Umkehren

der Richtung eines Stromes wird die Torsion umgekehrt, durch Umkehren beider bleibt sie ungeändert.

Dies scheint indessen nicht immer zugetroffen zu haben, denn Gore schreibt:

„A few cases occur in which the currents, instead of developing torsion, produce detorsion: but only two instances, out of many hundreds, have been met with in which torsion was produced in a direction opposite to that required by the law.“

Ferner bemerkt Gore, dass keiner der Ströme allein eine Torsion hervorruft und dass die durch die gegenseitige Einwirkung beider Ströme erzeugten Torsionen durch vorherige mechanische Torsionen, durch Spannung und den Erdmagnetismus beeinflusst werden.

„Although each current alone will produce its own magnetic effect, sound, and internal molecular movement, neither alone will twist the bar, unless the bar has been previously magnetised by the other. The torsions are influenced by previous mechanical twist in the iron, by mechanical tension, and by terrestrial magnetic induction.“

Hinsichtlich der Grösse dieser Torsionen geben sie beide keine genaueren Zahlen an, dieselbe scheint demnach auch variabel gewesen zu sein.

Wiedemann schreibt hierüber:

„Die Torsion nimmt bei gleicher Magnetisierung mit wachsender Intensität des hindurchgeleiteten Stromes bis zu einem Maximum zu, welches bei den von mir gebrauchten Drähten etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Grad betrug.“

Aehnlich äussert sich auch Gore.

Die gleichen Erscheinungen zeigen sich auch, wie Wiedemann angiebt, wenn man einen Strom durch Drähte leitet, die einige Zeit in verticaler Richtung aufgehängt und so durch den Erdmagnetismus magnetisiert worden sind.

Ich gelangte daher anfangs zu der Annahme, dass die von mir erzeugten Torsionen auf der gegenseitigen Einwirkung des Erdmagnetismus und des magnetisierenden Stromes beruhen, da meine Drähte eine ziemlich lange Zeit, bevor sie zur Untersuchung gelangten, vertical aufgehängt waren.

Da aber Wiedemann bei ungedrillten Drähten nur eine kleine Drehung, die er einer allen Drähten anhaftenden Torsion zuschreibt, beobachtet hat, und ferner aus meinen Untersuchungen hervorgeht, dass die Torsionen anfangs unabhängig von der Richtung des Magnetisierungsstromes stattfinden, obwohl die durch den Erdmagnetismus erzeugte Magnetisierung stets dieselbe war, so ist hiermit in betreff der Entstehung der Torsionen eine Einwirkung von Seiten des Erdmagnetismus völlig ausgeschlossen.

Da nun die von mir angewandten Drähte erst dann zu einem Versuche benutzt wurden, wenn sie völlig frei von Torsion waren, also die von mir beobachteten Torsionen nicht auf Detorsionserscheinungen zurückführen sind, so ist klar, dass die Torsionen nur durch die Magnetisierung und die gleichzeitig einwirkenden Torsionskräfte entstehen können.

Wiedemann hat dies, wie schon oben angeführt, auch an einem Versuche gezeigt, wenn man von den Detorsionen durch stärkere Magnetisierungen absieht. Hier wirkt aber die tordierende Kraft nur einseitig und der Magnetisierungsstrom ruft eine weitere Torsion in diesem Sinne hervor. Bei meinen Untersuchungen hingegen war es vollständig gleichgültig, ob der Strom geschlossen wurde, sobald die Scala sich im Spiegel nach links oder rechts bewegte. Die Wirkung blieb immer dieselbe.

Was nun die Richtungen der durch schwache Magnetisierungen erzeugten Torsionen anbelangt, so glaube ich, da sie von der Richtung des Stromes unab-

hängig, dass dieselben einzig und allein von der verschiedenen inneren molecularen Structur der Substanz abhängig sind, und dass erst nach Ueberwindung dieser Verschiedenheiten durch stärkere Magnetisierung eine Abhängigkeit von der Richtung des Stromes eintritt.

Auftreten des Maximums der permanenten Torsion und gleichzeitige Abhängigkeit von der Richtung des Stromes in betreff der temporären Torsionen.

Ebenso verhält es sich auch mit der Grösse der Torsionen; vielleicht tritt aber noch hier eine Beeinflussung durch den Erdmagnetismus hinzu. Gore hat ja einen derartigen Einfluss beobachtet.

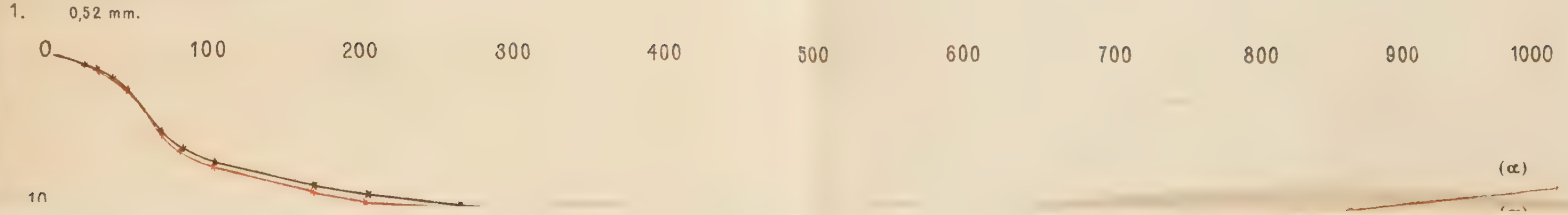
Mögen nun diese Annahmen begründet oder irrtümlich sein, so hoffe ich wenigstens doch durch vorliegende Untersuchungen einen wesentlichen Beitrag zu den verwickelten, durch Magnetismus erzeugten Torsionserscheinungen geliefert zu haben.

An dieser Stelle will ich es nicht unterlassen, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Matthiessen für das Interesse zu danken, welches er während der langen Dauer meiner Untersuchungen dieser Arbeit entgegengebracht hat.

Die Veranlassung zu vorliegender Arbeit gab Herr Dr. Schreber, und spreche ich demselben hiermit ebenfalls meinen verbindlichsten Dank aus.

Druckerei von August Osterrieth in Frankfurt a. M.

Tafel I.



Tafel III.

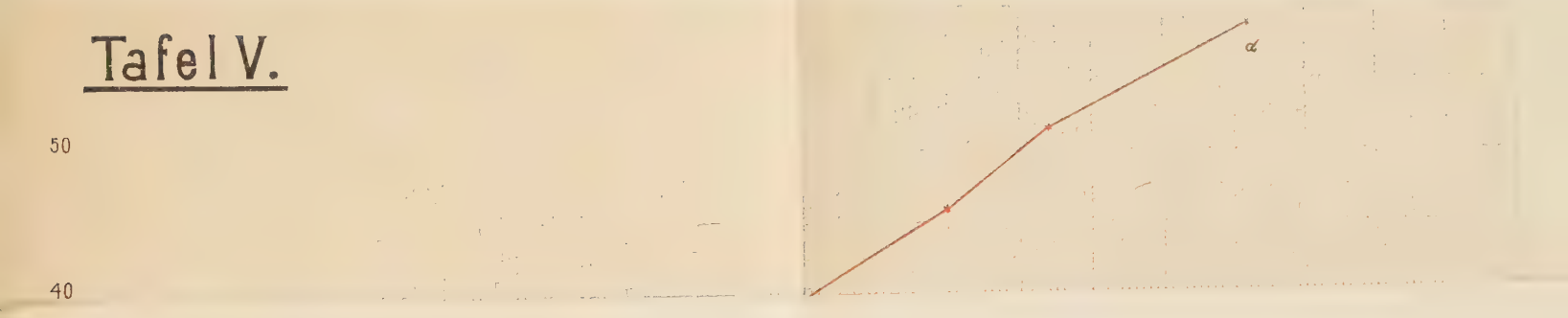
30

1. 0,42 mm

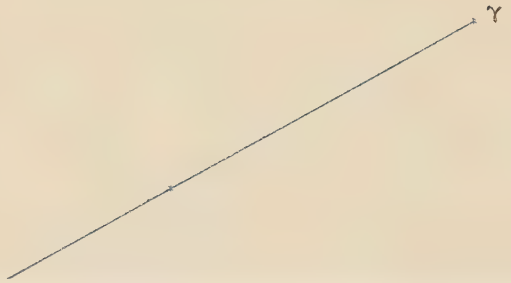
Tafel IV.

20

Tafel V.



Tafel VI.

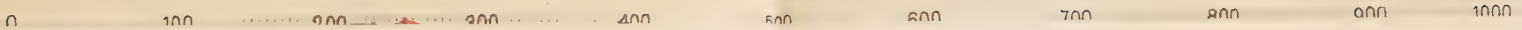


Tafel VII.

Tafel VIII.

Tafel IX.

1. 0.45 mm



Tafel X.

Druckerei von August Osterrieth in Frankfurt a. M.